

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-005154

(43)Date of publication of application : 10.01.1997

(51)Int.Cl. G01H 17/00  
G01M 19/00  
H04R 1/40

(21)Application number : 07-155679

(71)Applicant : NKK CORP

(22)Date of filing : 22.06.1995

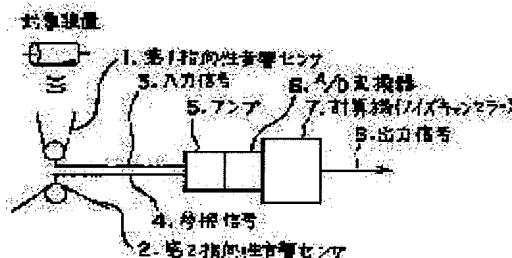
(72)Inventor : NISHIMURA TAKUICHI  
ISHINO KAZUNARI  
KABEYA KAZUHISA  
NAKATANI HIROSHI

## (54) ADAPTIVE TYPE DIRECTIONAL SOUND DETECTOR

## (57)Abstract:

PURPOSE: To provide a handy adaptive type directional sound detector with an improved S/N ratio by catching a sound from a noise source with a directional microphone.

CONSTITUTION: A first directional acoustic sensor 1 is arranged as input signal microphone facing an apparatus to be detected with directivity. Then, a second directional acoustic sensor 2 which detects noises produced from wide-ranging noise sources without detecting the sound of the apparatus to be detected is arranged on the reverse side of the first directional acoustic sensor. After amplified by an amplifier 5, signals (an input signal 3 and a reference signal 4) from microphones are inputted into an A/D converter 6 to be digitized. The resulting signals are sent to an electronic computer 7 and noise components in the input signal are erased by an adaptive type noise canceler processing using an LMS algorithm in the computer 7 to be outputted as output signal 8.



[Japanese Laid-Open Patent Publication No. 9-5154]

[0011] FIG. 2 is a diagram showing an embodiment using an adaptive directional sound detector of FIG. 1 to detect a small sound of a rotary machine. An iron plate 42 one meter high and one meter long that simulates a target device (the rotary machine) is placed vertically, and a first directional acoustic sensor 1 is placed so as to be directional toward the center of the simulated target device. From the center part of the simulated target device, the sound of the target device is emitted in a soft manner. As the sound of the target device, a square wave of 300 Hz that simulates a rotary machine is used. At this time, it is verified whether or not it is possible to reduce the noise from a noise source. As the noise source, a random noise of 1 to 6 kHz is used. The noise from the noise source includes a noise (a reflected sound 31) that is reflected from the simulated target device and then enters the directional microphone 1, and a noise (a diffracted sound 32) that is diffracted around the directional microphone 1 and then enters it. The S/N of an input signal 3 has a high noise level of -10 dB. In contrast, a second directional acoustic sensor 2, which detects a reference signal 4, is placed so as to be directional so that it can detect only a direct sound 41 from the noise source. In this embodiment, since the noise covers a wide frequency range of 1 to 6 kHz, A/D conversion is performed at 22 kHz. The A/D conversion is performed for 0.2 seconds, and after consecutive data of the 0.2 seconds is obtained, an adaptive noise cancellation is performed by software in the computer.

[0012] FIG. 3 is a diagram showing an input signal and an output signal of the adaptive directional sound detector. Based on this diagram, the adaptive noise cancellation provides a noise reduction effect of approximately 20 dB in the sound in a wide frequency range of 1 to 10 kHz. As a result, an S/N of -10 dB when the signal is the input signal greatly improves to an S/N of 10 dB when the signal is the output signal, and it is possible to detect even a subtle sound of the target device. FIG. 4 is a diagram showing the impulse response when an impulse

input is applied to the transfer function from input to output that is identified by an LMS algorithm at this time. The horizontal axis represents time (m seconds), and the vertical axis represents weight. It is understood that a pulse 62, which corresponds to the diffracted sound 32, and a pulse 61, which corresponding to the reflected sound 31 (including time lags), are identified successfully from this impulse response. Therefore, it is verified that an adaptive noise cancellation method can effectively reduce the sound from a noise source.

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-5154

(43)公開日 平成9年(1997)1月10日

(51)Int.Cl. <sup>8</sup>	識別記号	序内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 1 H 17/00			G 0 1 H 17/00	Z
G 0 1 M 19/00			G 0 1 M 19/00	Z
H 0 4 R 1/40	3 2 0		H 0 4 R 1/40	3 2 0 Z

審査請求 未請求 請求項の数3 O L (全 5 頁)

(21)出願番号 特願平7-155679

(22)出願日 平成7年(1995)6月22日

(71)出願人 000004123

日本鋼管株式会社

東京都千代田区丸の内一丁目1番2号

(72)発明者 西村 拓一

東京都千代田区丸の内一丁目1番2号 日

本鋼管株式会社内

(72)発明者 石野 和成

東京都千代田区丸の内一丁目1番2号 日

本鋼管株式会社内

(72)発明者 壁矢 和久

東京都千代田区丸の内一丁目1番2号 日

本鋼管株式会社内

(74)代理人 弁理士 佐々木 宗治 (外3名)

最終頁に続く

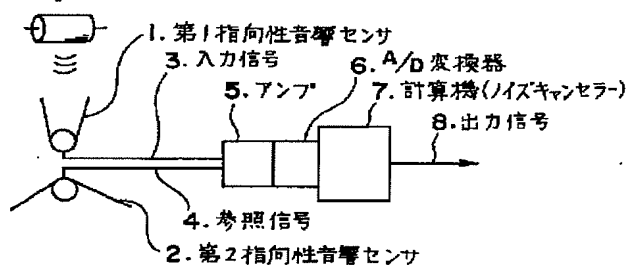
(54)【発明の名称】 適応型指向性音検出装置

(57)【要約】

【目的】 雑音源からの音を指向性マイクでとらえることにより、S/Nが良くて簡易な適応型指向性音検出装置を提供する。

【構成】 第1指向性音響センサ1を入力信号マイクとして、対象装置に向けて指向性をつけて配置する。次に、対象装置の音を検出せず、広範囲の雑音源から発生する雑音を検出する第2指向性音響センサ2を参照信号マイクとして第1指向性音響センサの裏側に配置する。各マイクからの信号(入力信号3と参照信号4)をアンプ5で増幅後、A/D変換装置6に入力してデジタル化する。これらの信号は計算機7に送られ、計算機7内のLMSアルゴリズムを用いた適応型ノイズキャンセラ処理により入力信号中の雑音成分を消去し、これを出力信号8として出力する。

対象装置



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 対象装置から発生する音を検出する第 1 音響センサと、この第 1 音響センサ近傍に設置され、前記対象装置の音を検出しないように指向性をもたせた第 2 指向性音響センサと、前記第 1 音響センサの信号を入力信号とし、前記第 2 指向性音響センサの信号を参照信号として、前記入力信号中の雑音成分を消去する適応型ノイズキャンセル手段とを有することを特徴とする適応型指向性音検出装置。

【請求項 2】 前記第 1 音響センサは、対象装置の方向への指向性を持たせることを特徴とする請求項 1 記載の適応型指向性音検出装置。

【請求項 3】 前記第 2 指向性音響センサは、複数の雑音源からの雑音のみを検出するようそれぞれの雑音源に対応して複数配置され、前記適応型ノイズキャンセル手段は各センサから出力される複数の参照信号を用いて多チャンネルの適応型ノイズキャンセルを行うことを特徴とする請求項 1 または 2 記載の適応型指向性音検出装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、周辺からの雑音を低減することで、対象装置から発生する音を  $S/N$  良く検出する装置に関わり、特に音響式の設備異常診断に適するノイズキャンセル技術を用いた適応型指向性音検出装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 音響式の設備異常診断装置においては、周辺からの雑音を低減し、対象とする装置の音を  $S/N$  良く検出するために、対象装置の方向から来る音を効果的に検出するセンサとして、ガンマイク型、パラボラアンテナ型、アレーマイク型など指向性マイクを用いることが広く行われている。しかし、対象装置がある程度大きいと図 8 のように雑音源からの雑音が対象自身で反射し（反射音 31）、対象から出る音と同一方向から指向性音響センサに入力するため、雑音成分を含む入力信号となる。さらに、指向性を付けても消去しきれない回り込み音 32 も存在する。このため、指向性音響センサ 1 を用いても雑音成分を多く含み、 $S/N$  の悪い信号しか得られない。そこで、雑音成分が入った信号から目的とする信号のみを取り出す信号処理技術が考えられている。

【0003】 図 9 は、適応型信号処理技術の一つであるノイズキャンセル技術の原理を示す図である。図中 (a) は、入力マイクと参照マイクにて対象装置と雑音源からの音を受信している様子を表している。雑音源周囲からの雑音が対象装置からの音とともに入力マイクに入っている。このとき、図中 (b) に示すように入力信号に含まれる雑音成分を、雑音のみを検出する参照マイクからの参照信号を用いて消去し、目的とする信号のみを出力す

る手法がノイズキャンセル技術である。

【0004】 実際には、雑音源から放出された雑音は、直接に入るものだけでなく建物の壁などで反射して入るものなど様々な伝達経路を経て入力信号に入っている。このように雑音は特定の伝達特性を経て雑音成分として入力信号に入っている。そこで、この伝達関数を信号処理技術を用いてうまく同定し、疑似伝達特性として計算機内部に持たせて、これにより参照信号を変換させ入力信号から雑音成分を消去して、最終的に目的とする信号のみを出力するようにしている。伝達関数同定アルゴリズムとしては一般的に LMS（最小 2 乗）アルゴリズムが用いられている。これは、出力信号をなるべく小さくするよう参照信号から入力信号への伝達関数を順次変化させていくものである。この理論は、バーナード・ウィンドローらによる「適応性のあるノイズ排除：原則と応用（Adaptive Noise Canseling: Principle and Applications）」IEEE 会報、Vol. 63, No. 12、1975 年、p. 1692-1716 において説明されている。このノイズキャンセル技術では、参照信号の取り方が重要である。すなわち参照信号は、対象装置の音を含むことなく、雑音と相関の高いものが必要である。参照信号に対象装置の音が含まれていれば、入力信号中の有効な目的信号をキャンセルしてしまうからである。

【0005】 例えば特開平 3-103725 号公報に開示されている従来技術では、雑音源近傍に設置したセンサからの参照信号を用いてノイズキャンセルを行って、対象とする装置から発生する特定の音のみを検出するようにしている。図 10 は、センサとして従来の指向性マイクをもちいた上記従来のノイズキャンセル技術の実施例を示す。図において、雑音源近傍に参照信号 4 を得るための音響センサ 33 を配置し、この参照信号 4 をもとにして入力信号 3 中の雑音成分を計算機 7 で除き、出力信号 8 として出している。従来の指向性マイクを利用しても、雑音成分として入力信号に混じることがあった雑音の反射音 31 と回り込み音 32 を減衰できるようになった。

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】 しかし、前記従来技術では雑音源近傍に設置したセンサからの参照信号を用いて、ノイズキャンセルを行っているため、次のような場合に問題があった。第 1 に、参照信号センサを雑音源近傍に設置することが困難または不可能である場合であり、例えば、雑音源が移動装置や工事音などのように雑音源の位置が移動するような場合である。第 2 に、雑音源が遠距離に存在する場合は、参照信号センサからのケーブルが長くなり、敷設工事費やケーブル代が高くなる。

【0007】 本発明は、このような問題点を解決するためになされたものであり、雑音源からの音を指向性マイ

クでとらえることにより、S/Nが良くて簡易な適応型指向性音検出装置を提供することを目的とする。

#### 【0008】

【課題を解決するための手段】上記の課題を解決するため、この発明に係る適応型指向性音検出装置は、対象装置から発生する音を検出する第1音響センサと、第1音響センサ近傍に位置し、対象装置の音を検出しないように指向性をもたせた第2指向性音響センサと、第1音響センサの信号を入力信号とし、第2指向性音響センサの信号を参照信号として、入力信号中の雑音成分を消去する適応型ノイズキャンセル手段とを有する。さらに、前記適応型指向性音検出装置において、第1音響センサに対象装置の方向への指向性を持たせる。さらに、前記適応型指向性音検出装置において、第2指向性音響センサを、複数の雑音源からの雑音のみを検出するようそれぞれの雑音源に対応して複数配置し、各センサから出力される複数の参照信号を用いて多チャンネルの適応型ノイズキャンセルを行う。

#### 【0009】

【作用】第2指向性音響センサは、第1音響センサ近傍に位置し、かつ対象装置の音を検出しないような指向性をもっているため、このセンサにより得られる参照信号には対象装置からの音を拾うことなく対象装置の方向以外の広い範囲に存在する雑音源から来る雑音を含ませることができる。また、参照信号に対象装置からの音が含まれていないことのため、後段での適応型ノイズキャンセル処理において入力信号中の有効な目的信号をキャンセルすることなく確実なノイズキャンセルができる。さらに、前記第1音響センサに対象装置の方向への指向性も持たせることにより、このセンサにより得られる入力信号に含まれる対象装置の方向以外の雑音成分を少なくすることが可能となる。さらに、前記適応型指向性音検出装置において、前記第2指向性音響センサを、複数の雑音源からの雑音のみを検出するようそれぞれの雑音源に対応して複数配置し、各センサから出力される複数の参照信号を用いて多チャンネルの適応型ノイズキャンセルを行うことにより、複数個の雑音源からの雑音を確実に減音することが可能となる。

#### 【0010】

##### 【実施例】

実施例1. 図1は本発明の一実施例に係る適応型指向性音検出装置の構成を示す図である。第1指向性音響センサ1を入力信号マイクとして、対象装置に向けて指向性をつけて配置する。次に、対象装置の音を検出せず、広範囲の雑音源から発生する雑音を検出する第2指向性音響センサ2を参照信号マイクとして第1指向性音響センサの裏側に配置する。各マイクからの信号（入力信号3と参照信号4）をアンプ5で増幅後、A/D変換装置6に入力してデジタル化する。これらの信号は計算機7に送られ、計算機7内のLMSアルゴリズムを用いた適

応型ノイズキャンセル処理により入力信号中の雑音成分を消去し、これを出力信号8として出力する。

【0011】図2は、図1の適応型指向性音検出装置を回転機械の微小音検出に適用した一実施例を示す図である。対象装置（回転機械）を模擬した高さ1m長さ1mの鉄板42を垂直に設置し、この模擬対象装置の中央の方向に指向性に向けて第1指向性音響センサ1を設置する。模擬対象装置中央部からは対象装置の装置音が小さく放出されている。対象装置音は回転機械を模擬した300Hzの矩形波を用いた。このとき、雑音源からの雑音を低減できるかどうか検証した。雑音源としては、1~6kHzのランダム雑音を用いた。この雑音源から出た雑音は、模擬対象装置で反射して指向性マイク1に入るもの（反射音31）と指向性マイク1を回り込んで入るもの（回り込み音32）とがあり、入力信号3のS/Nは-10dBと雑音レベルの高いものである。一方、参照信号4を検出する第2指向性音響センサ2は、雑音源からの直接音41のみを検出するように指向性を持たせ設置している。今回の実施例では、雑音が1~6kHzと広範囲の周波数に及ぶため、22kHzでA/D変換を実施した。A/D変換は0.2秒行い、この0.2秒の連続データを入手後、計算機内のソフトにより適応型ノイズキャンセルを実行した。

【0012】図3は、適応型指向性音検出装置の入力信号と出力信号を示した図である。これから、適応型ノイズキャンセルにより、1~10kHzまでの広範囲の周波数で約20dBの雑音低減効果が得られた。結果として、入力信号でS/Nが-10dBだったものが、出力信号では10dBへと大きく向上し、微少な対象装置音も検出できるようになった。図4は、このときのLMSアルゴリズムによって同定された入力から出力への伝達関数にインパルス入力を加えた場合のインパルス応答図である。横軸は時間（m秒）であり、縦軸は重みである。このインパルス応答から回り込み音32に相当するパルス62と反射音31（時間遅れあり）に相当するパルス61の両者がうまく同定されていることが分かる。従って、適応型ノイズキャンセル手法により、効果的に雑音源の音を低減できることが確かめられた。

【0013】実施例2. 図5は図1の適応型指向性音検出装置におけるセンサ部分の他の実施例を示す図である。図において、72と71は鉄パイプと円形の仕切板であり、一端が塞がった円筒体を形成する。第1音響センサを表す入力マイク1は、通常の安価な無指向性のマイクをそのまま用いて、仕切板71の外側に固定する。そして第2指向性音響センサを表す参照マイク2は、小型無指向性マイクを用いて、鉄パイプ72の開放端から少し内部に設置して指向性を持たせる。5kHz以上の高周波の場合には、直径20mm程度の鉄パイプで十分な指向性を得ることができる。

【0014】実施例3. 図6は図1の適応型指向性音検

5

出装置におけるセンサ部分の他の実施例を示す図である。仕切板 8 2 を鉄パイプ 8 1 の一端ではなく途中に設ける点が上記実施例と異なっている。第 1 音響センサは、通常の安価な無指向性のマイク 1 を鉄パイプ 8 1 に奥深く入れ、第 2 指向性音響センサは仕切板 8 2 を隔てて上記実施例のようにパイプ端部付近に設置する。このような構成により、第 1 音響センサに強い指向性を持たせた点が特徴であり、これにより対象装置からの微少な音の検出が可能となった。

【0015】実施例 4. 図 7 は図 1 の適応型指向性音検出装置におけるセンサ部分の他の実施例を示す図である。第 1 音響センサは、通常の安価な無指向性のマイクを鉄パイプ 9 1 に奥深く入れて設置する。複数の第 2 指向性音響センサ（図においては、2 個の参照マイクの場合を例示する）は、それぞれ鉄パイプ 9 2 a、9 2 b の内部に奥深くに設置する。十分な指向性を得るには、各音源の方向に向けてそれぞれの鉄パイプを設置することが必要である。

【0016】

【発明の効果】第 1 音響センサ近傍に位置させかつ対象装置の音を検出しないようした第 2 指向性音響センサにより、第 1 音響センサの周囲の雑音を検出して、第 1 音響センサの入力信号から雑音成分を除去するようにしたので、入力信号中の対象装置の音を乱すことなく、かつ広範囲に存在する雑音源から来る雑音を減音することが可能となる。これにより、S/N 向上が可能となるとともに、例えば移動装置や工事音などのように雑音源の位置が移動するような参照信号センサを雑音源近傍にうまく設置することが困難または不可能となる場合でも、小型なセンサ配置で検出可能となる。特に、雑音源が遠距

6

離に存在し、敷設工事費やケーブル代が高くなっていた場合でも、そのケーブル代や敷設費を削減できるようになる。さらに、前記第 1 音響センサに対象装置の方向への指向性を持たせることにより、対象装置の方向外の雑音を減音し微少な対象装置の音を集音できるため、さらなる S/N 向上が可能となる。さらに、前記適応型指向性音検出装置において、前記第 2 指向性音響センサを、複数の雑音源からの雑音のみを検出するようそれぞれの雑音源に対応して複数配置し、各センサから出力される複数の参照信号を用いて多チャンネルの適応型ノイズキャンセルを行うことにより、複数の雑音源からの雑音を減音することが可能となる。これにより、複数本のケーブルの敷設を同時に出来、敷設費の削減とコンパクトなセンサ構成を実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の一実施例による適応型指向性音検出装置の構成図である。

【図 2】図 1 の一実施例を示す図である。

【図 3】一実施例におけるノイズキャンセル効果を示す図である。

【図 4】伝達特性であるインパルス応答（実験結果）を示す図である。

【図 5】センサ部の他の構成例を示す図である。

【図 6】センサ部の他の構成例を示す図である。

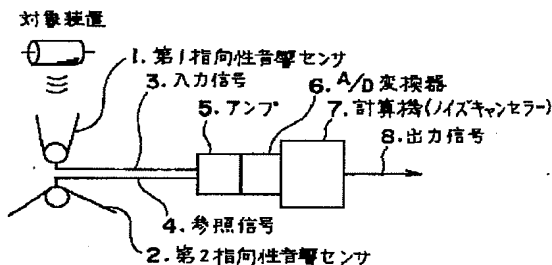
【図 7】センサ部の他の構成例を示す図である。

【図 8】従来の指向性マイクの実施例を示す図である。

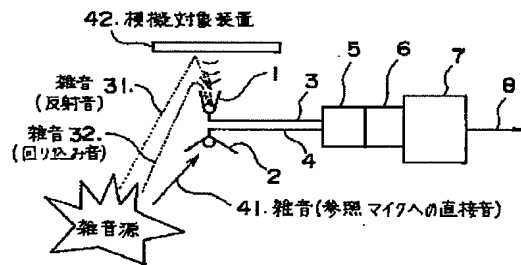
【図 9】ノイズキャンセル技術の原理を示す図である。

【図 10】従来の指向性マイク+ノイズキャンセル技術の実施例を示す図である。

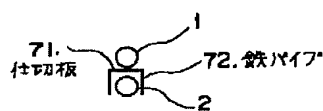
【図 1】



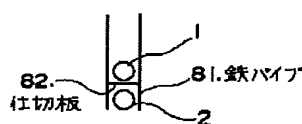
【図 2】



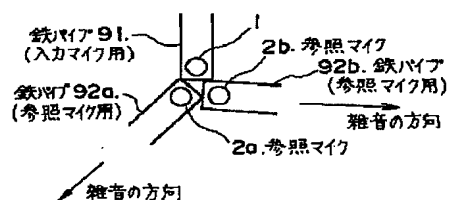
【図 5】



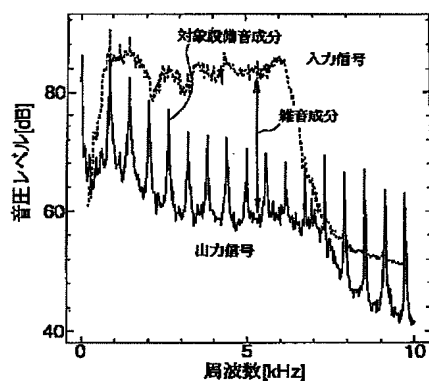
【図 6】



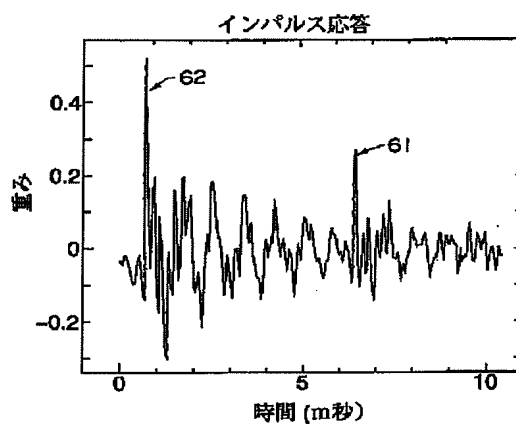
【図 7】



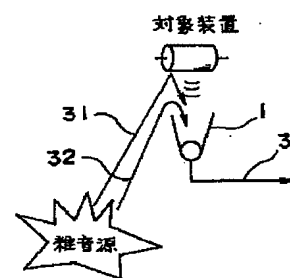
【図3】



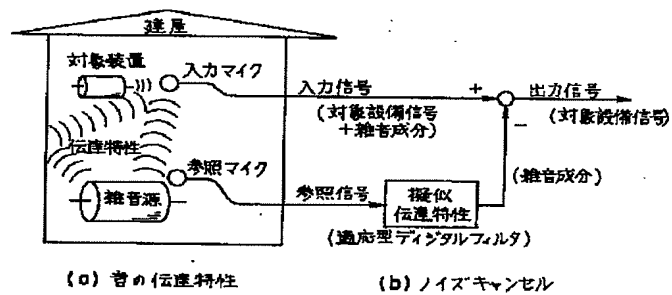
【図4】



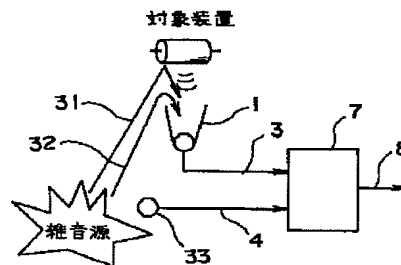
【図8】



【図9】



【図10】



フロントページの続き

(72) 発明者 中谷 寛  
東京都千代田区丸の内一丁目1番2号 日  
本鋼管株式会社内